

WPŁYW WŁAŚCIWOŚCI PSZENICY JAREJ NA WODOCHŁONNOŚĆ MĄKI

Renata Różyło, Janusz Laskowski

Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego, Akademia Rolnicza
ul. Doświadczalna 44, 20-236 Lublin
e-mail: renata.rozylo@ar.lublin.pl

Streszczenie. Celem pracy było określenie zależności między właściwościami ziarna pszenicy a wodochłonnością mąki. Do badań wykorzystano 10 następujących odmian pszenicy jarej: Hezja, Kontesa, Torka, Zebra, Eta, Santa, Nawra, Jasna, Koksa, Kosma. Określono: gęstość usypową, cechy wytrzymałościowe, szklistość ziarna, zawartość białka oraz glutenu, wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego i liczbę opadania. Przeprowadzone pomiary wykazały istotne korelacje dodatnie pomiędzy wodochłonnością mąki a siłą zgniatania ziarna do progu wytrzymałości doraźnej gęstością usypową ziarna, szklistością, zawartością białka oraz glutenu jak również liczbą opadania i wskaźnikiem sedymentacyjnym Zeleny'ego. Wodochłonność mąki w największym stopniu opisuje równanie zawierające zawartość i rozpywalność glutenu. Analiza wyników pozwoliła stwierdzić, że znajomość właściwości ziarna pszenicy umożliwi nam wstępne oszacowanie wodochłonności mąki, co ma duże znaczenie w przemyślewej produkcji piekarskiej.

Słowa kluczowe: pszenica, mąka, wodochłonność mąki, właściwości wytrzymałościowe

WYKAZ OZNACZEŃ

- F_1 – siła odkształcająca ziarno dla progu wytrzymałości doraźnej (N),
- F_2 – siła odkształcająca ziarno dla progu zgniatania (N),
- h_1 – odkształcenie ziarna do progu wytrzymałości doraźnej (N),
- h_2 – odkształcenie ziarna do progu zgniatania (N),
- HI – indeks twardości ziarna oznaczany metodą SKCS (N),
- L_{j1} – praca jednostkowa na odksz. ziarna do progu wytrzymałości doraźnej ($J \cdot kg^{-1}$),
- L_{j2} – praca jednostkowa na odkształcenie ziarna do progu zgniatania ($J \cdot kg^{-1}$),
- L_{op} – liczba opadania (s),
- r_g – rozpywalność glutenu (mm),
- sz – szklistość pszenicy (%),
- Wod_m – wodochłonność mąki (%),

W_s – wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego (ml),
 z_b – zawartość białka w ziarnie pszenicy (%),
 z_g – zawartość glutenu (%),
 ρ_u – gęstość usypowa pszenicy ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$).

WSTĘP

Wodochłonność mąki jest bardzo ważnym parametrem charakteryzującym surowiec do wypieku pieczywa jak i innych produktów zbożowych. Od niej zależy w dużym stopniu jakość produktu jak i opłacalność produkcji (Sadkiewicz 1999, Piesiewicz i in. 1998). Badania prowadzone przez Karolini-Skardzińską i in. (2001) wykazały, że wodochłonność mąki dodatnio koreluje z zawartością białka i liczbą opadania. Natomiast Finney i Brains (1999) wykazali dodatnie korelacje pomiędzy wskaźnikiem sedymentacyjnym Zeleny'ego a wodochłonnością mąki. Morgan i in. (2000) stwierdzili dodatnie zależności pomiędzy rozmiarem ziarna a wodochłonnością mąki. Van Der Borgh i in. (2005), Berton i in. (2002) oraz Dexter i in. (1994) odnotowali dodatnią korelację pomiędzy stopniem uszkodzenia skrobi a wodochłonnością mąki. Hayta i Schofield (2004) wyjaśniają, że odmiany twarde pszenicy mają większą wodochłonność mąki niż odmiany miękkie ze względu na większy stopień uszkodzenia skrobi.

W celu ułatwienia klasyfikacji jakościowej ziarna, jak również ze względu na brak danych powiązania wodochłonności mąki z gęstością usypową i szklistością pszenicy jak również cechami wytrzymałościowymi uzasadnione jest poszukiwanie zależności wodochłonności mąki z wyróżnikami jakościowymi stosowanymi w laboratoriach przemysłowych i naukowych.

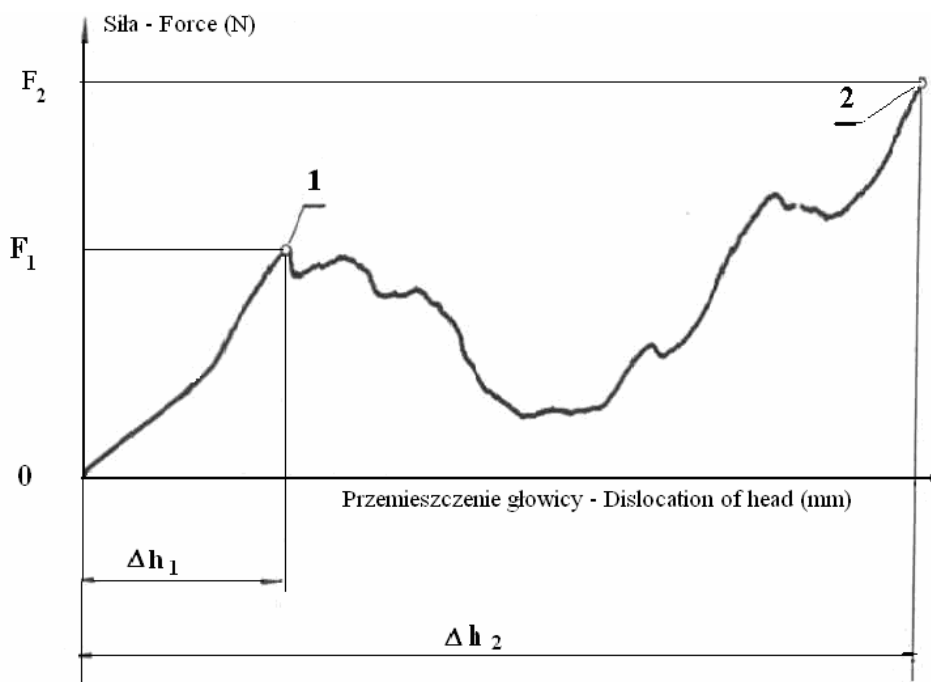
MATERIAŁ I METODY

Surowiec stanowiło 10 odmian pszenicy jarej pochodzących z pola doświadczalnego Wojewódzkiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Końskowoli.

Pszenica była uprawiana w warunkach maksymalnie zbliżonych do warunków polowych województwa lubelskiego, przy zastosowaniu nowoczesnej, intensywnej technologii uprawy. Do badań wykorzystano następujące odmiany pszenicy: Hezja, Kontesa, Torka, Zebra, Eta, Santa, Nawra, Jasna, Kokska, Kosma.

Oznaczenia gęstości usypowej ziarna pszenicy dokonano zgodnie z polską normą PN-ISO 7971-2:1998 stosując pojemnik pomiarowy o objętości 1000 cm^3 . Oznaczenie szklistości pszenicy wykonano za pomocą farinotomu (Jakubczyk i Haber 1983). Polegało ono na przecięciu równocześnie 50 ziaren pszenicy i obliczeniu udziału procentowego ziaren o szklistym przekroju.

Próbkę ziarna do badań wytrzymałościowych pobierano ze średniej próbki laboratoryjnej zgodnie z PN-ISO 13690:2000. Pomiar ściskania ziarna prowadzono przy użyciu maszyny wytrzymałościowej Zwick Z020/TN2S w zakresie obciążeń 0-2,5 kN zgodnie z metodyką opracowaną w Katedrze Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego Akademii Rolniczej w Lublinie (Janiak i Laskowski 1996). Pomiary polegały na ściskaniu ziarna pomiędzy równoległymi płytami stalowymi do momentu kiedy odległość pomiędzy płytami wynosiła 0,5 mm. Ziarno ściskano przy pomocy górnej płyty poruszającej się ze stałą prędkością 10 mm·min⁻¹. Pomiar przeprowadzono w 30 powtórzeniach a jako wynik końcowy podano średnią arytmetyczną. Podczas pomiaru uzyskano krzywe ściskania (rys. 1), na których wyznaczono charakterystyczne punkty (próg wytrzymałości doraźnej i próg zgniecenia). Z krzywych zgniatania określono: wartości sił (F_1 , F_2), przemieszczenia głowicy (Δh_1 , Δh_2), nakładów pracy (L_1 , L_2). Do analizy wyznaczono dodatkowo prace jednostkowe odnoszące się do masy ziarna (L_{j1} , L_{j2}) oraz odkształcenia ziarna (h_1 , h_2) będące ilorazem przemieszczenia głowicy do wysokości ziarna.



Rys. 1. Przykładowa krzywa zgniatania ziarna

Fig. 1. Example diagram of grain compression

Badania właściwości technologicznych wykonano zgodnie z obowiązującymi normami.

Zawartość białka określano zgodnie z normą PN-A-04018/A z 3: 2002 i polegało ono na określeniu zawartości azotu ogółem (metoda Kjeldahla). Zawartość i rozpuszczalność glutenu wyznaczono zgodnie z normą PN A-74043: 1994. Zasada metody polegała na przygotowaniu ciasta z frakcji rozdrobnionej próbki ziarna i roztworu chlorku sodu, a następnie wydzieleniu mokrego glutenu za pomocą wymywania go z ciasta roztworem chlorku sodu, usunięciu nadmiaru roztworu i zważeniu otrzymanej pozostałości a następnie określeniu jego rozpuszczalności. Wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego określono według PN-ISO 5529: 1998 wykorzystując zestaw złożony z wytrząsarki i pulpitu pomiarowego typu SWD-89. Liczbę opadania wyznaczono na aparacie Perten Falling Number 1800 według normy PN-ISO 3093:1996.

Ziarno przed przemiałem dowilżano do wilgotności 16%, leżakowano w szczelnie zamkniętym pojemniku przez okres 24h, następnie rozdrabniano w młynie laboratoryjnym Chopin CD1 (symulator przemiału przemysłowego). Młyn wykorzystany do badań posiadał:

- linię śrutowania składającą się z 3 walców rowkowanych zapewniających 2 kolejne pasaży, przesiewanie odbywało się przy pomocy przesiewacza bębnowego z dwoma sitami,
- linię wymielania składającą się z dwóch walców gładkich o regulowanym docisku, zapewniającą 1 pasaż. Przesiewanie odbywało się na przesiewaczu z jednym sitem bębnowym.

Oznaczenie wodochłonności przeprowadzono przy wykorzystaniu urządzenia do pomiaru wodochłonności (konsystografu). Do badań pobrano próbkę mąki w ilości 25g i o wilgotności 14% ($\pm 0,2\%$). Mąkę umieszczono w dzieży konsystografu, nad którą umieszczono dozownik z wodą destylowaną. Ciasto miesiono do uzyskania konsystencji ciasta równej 500 j. u. przy użyciu dwóch miesideł obracających się dośrodkowo z różną prędkością. Badania przeprowadzono w temperaturze 30°C. Średnia arytmetyczna z trzech oznaczeń stanowiła wynik końcowy.

Analiza statystyczna wyników badań została przeprowadzona na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ przy wykorzystaniu programu Statistica firmy Statsoft.

Dla ocenianych parametrów wykonano analizę wariancji jednoczynnikową oraz test Tukey'a stwierdzające istotność różnic pomiędzy określanymi cechami .

W dalszej kolejności obliczono współczynniki korelacji liniowej Pearsona pomiędzy badanymi parametrami. Dla stwierdzonych zależności określono równania regresji, dla których wyznaczono współczynnik determinacji R^2 jak również wartość błędu standardowego estymacji. Ponadto bardzo ważnym elementem było stwierdzenie istotności badanego związku, w tym celu wykonano analizę wariancji weryfikującą trzy równoważne hipotezy zerowe:

$H_0: b_i = 0$ – istotność współczynnika kierunkowego,

$H_0: R^2 = 0$ – istotność współczynnika determinacji R^2 ,

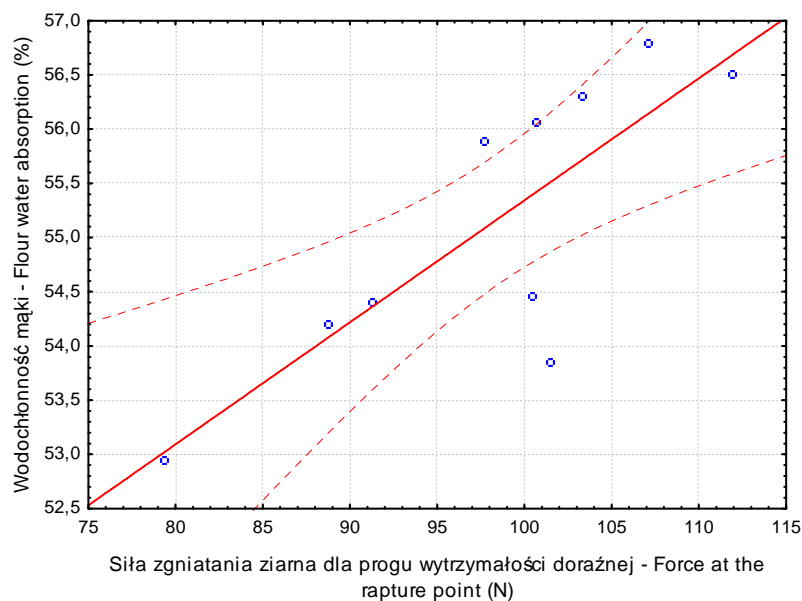
$H_0: b_i x_i + b_0 = 0$ – istotność liniowego związku, Analiza statystyczna wyników badań została przeprowadzona na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ przy wykorzystaniu programu Statistica firmy Statsoft.

WYNIKI BADAŃ

Uzyskane wyniki pomiarów i ich analiza wykazała, że parametrem wytrzymałościowym, który miał istotny związek z wodochłonnością mąki, była siła zgniatania ziarna dla progu wytrzymałości doraźnej ($r = 0,81$) (rys. 2).

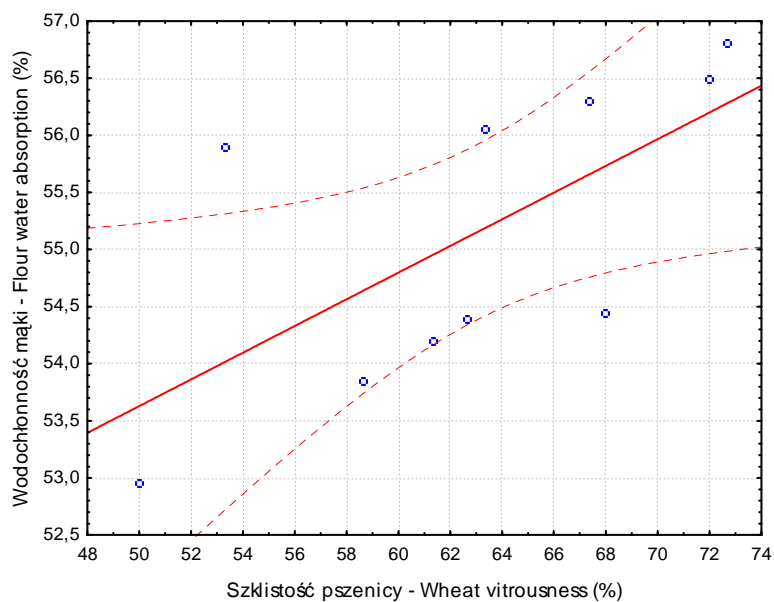
Stwierdzono również wpływ gęstości usypowej ziarna oraz szklistości (rys. 3) na wodochłonność mąki, współczynniki korelacji wynosiły w obu przypadkach $r = 0,66$. Wraz ze wzrostem tych parametrów, zwiększała się wartość wodochłonności mąki.

Badania własne wykazały dodatnie korelacje pomiędzy wskaźnikiem sedymentacyjnym Zeleny'ego a wodochłonnością mąki ($r = 0,79$) (rys. 4). Zwiększająca się wartość wskaźnika powodowała równoczesny wzrost wodochłonności. Potwierdzają to też w swoich badaniach Finney i Brains (1999).

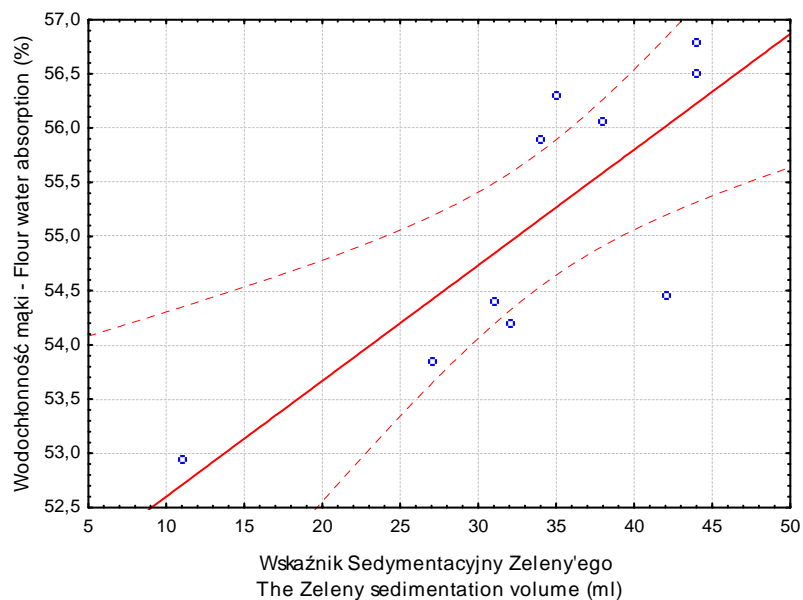


Rys. 2. Zależność między siłą zgniatania ziarna dla progu wytrzymałości doraźnej i wodochłonnością mąki

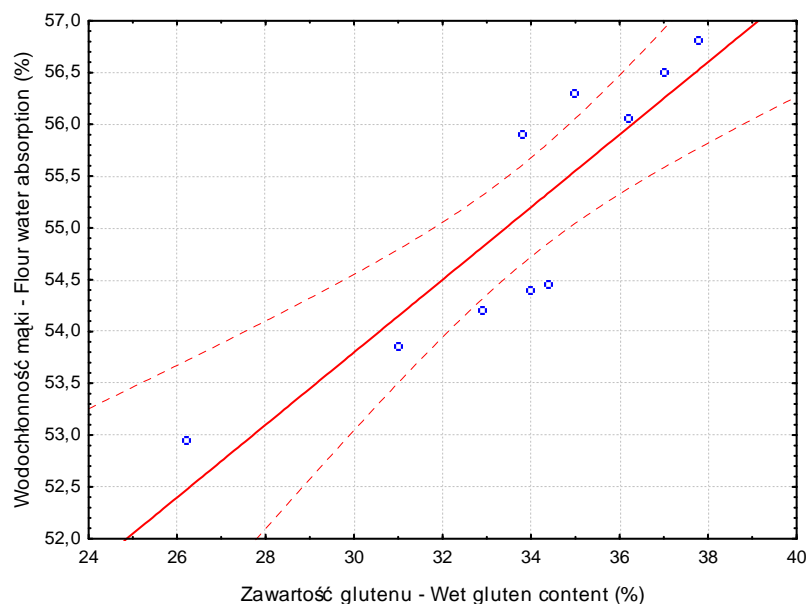
Fig. 2. Relationship between grain compression force at rapture point and flour water absorption



Rys. 3. Zależność między szklistością pszenicy a wodochłonnością mąki
Fig. 3. Relationship between wheat vitrousness and flour water absorption



Rys. 4. Zależność wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego i wodochłonności mąki
Fig. 4. Relationship between the Zeleny sedimentation volume and flour water absorption



Rys. 5. Zależność wodochłonności mąki od zawartości glutenu

Fig. 5. Relationship between gluten content and flour water absorption

Wodochłonność mąki była liniowo zależna od zawartości glutenu mokrego ($r = 0,88$) – rysunek 5, zawartości białka ($r = 0,86$) i liczby opadania ($r = 0,84$) – tabela 1. Wraz ze wzrostem tych parametrów jakościowych zauważono zwiększenie wodochłonności mąki. Dodatkowo zależności pomiędzy zawartością białka a wodochłonnością mąki odnotowali Karolini-Skardzińska i in. (2001). Dodatkowo również dodatnią korelację wodochłonności mąki z zawartością glutenu mokrego zauważyli Finney i Brains (1999).

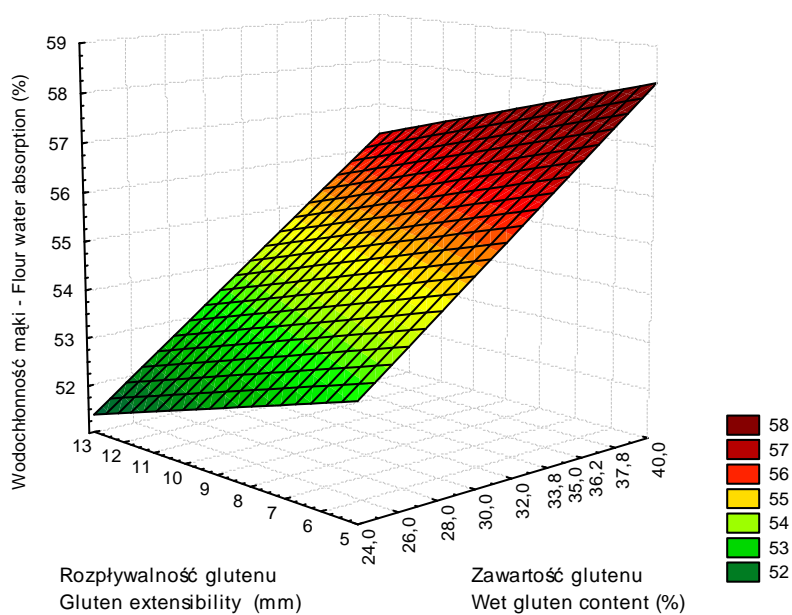
Z obserwowanych zależności wynika, że spośród badanych czynników zawartość glutenu wywierała duży wpływ na wodochłonność mąki, współczynnik determinacji dla określonego równania wyniósł 0,782 (tab. 1).

Zależność pomiędzy wodochłonnością mąki a zawartością glutenu i jego rozpuszczalnością charakteryzowała się największym współczynnikiem determinacji ($R^2 = 0,911$) – tabela 1 i rysunek 6. Tabela 2 dowodzi istotności ich liniowego związku. Badania innych autorów wykazują, że wodochłonność mąki można przewidzieć na podstawie równania w którym zmiennymi są zawartość białka i indeks twardości (Martinant i in. 1998). Dla pszenicy klasy A i C w równaniu regresji oprócz białka uwzględniono parametry alveograficzne ciasta (Konopka i in. 2004).

Tabela 1. Zestawienie równań określających zależności pomiędzy zawartością białka a właściwościami fizycznymi pszenicy

Table 1. Equations expressing the relationships between protein content and physical properties of wheat

Postać równania – Figure equation	Błąd stand. estymacji Estim. standard error	R ²
$Wod_m = 0,113 \cdot F_1 + 44,091$	0,831	0,649
$Wod_m = 0,702 \cdot \rho_u - 1,750$	1,059	0,429
$Wod_m = 0,117 \cdot sz + 47,788$	1,053	0,436
$Wod_m = 0,918 \cdot z_b + 41,253$	0,721	0,736
$Wod_m = 0,350 \cdot z_g + 43,291$	0,654	0,782
$Wod_m = 0,045 \cdot L_{op} + 38,250$	0,754	0,711
$Wod_m = 0,107 \cdot W_s + 51,534$	0,852	0,631
$Wod_m = 0,310 \cdot z_g - 0,240 \cdot r_g + 47,04$	0,447	0,911



Rys. 6. Wpływ zawartości glutenu i jego rozpływalności na wodochłonność mąki
Fig. 6. Effect of wet gluten content and gluten extensibility on flour water absorption

Tabela 2. Analiza wariancji dla regresji określającej wpływ zawartości glutenu i jego jakości na wodochłonność mąki

Table 2. Analysis of variance of regression relationship between flour water absorption and gluten content and gluten extensibility

Źródło zmienności Source of variation	Suma kwadrat. Sum of Squares	df df	Średnia kwadrat. Mean of Squares	F F statistic	poziom p p-value
Wyjasnienie przez regresję Regression explain	14,32	2	7,162	35,81	0,0002
Reszty Residue	1,3999	7	0,1999		
Całkowita zmienność Total variation	15,72				

Podsumowując należy zaznaczyć, że zaobserwowane zależności pomiędzy właściwościami pszenicy w tym szczególnie właściwościami fizycznymi a wodochłonnością mąki stanowią istotne uzupełnienie dotychczasowych badań.

WNIOSKI

1. Zależność pomiędzy siłą zgniatania ziarna dla progu wytrzymałości doraźnej oraz wodochłonnością mąki charakteryzowała się wysokim współczynnikiem korelacji ($r = 0,81$).
2. Stwierdzono istotny wpływ gęstości usypowej ziarna oraz szklistości na wodochłonność mąki ($r = 0,66$).
3. Wodochłonność mąki była liniowo zależna od zawartości glutenu ($r=0,88$), zawartości białka ($r = 0,86$) i liczby opadania ($r = 0,84$) oraz wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego ($r = 0,79$).
4. Zależność pomiędzy wodochłonnością mąki a zawartością glutenu i jego rozpuszczalnością charakteryzowała się największym współczynnikiem determinacji ($R^2 = 0,911$).

PIŚMIENNICTWO

- Berton B., Scher J., Villieras F., Hardy J., 2002. Measurement of hydration capacity of wheat flour: influence of composition and physical characteristics. *Powder Technology*, 128, 326-331.
- Dexter J.E., Preston K.R., Martin D.G., Gander E.J., 1994. The effects of protein content and starch damage on the physical dough properties and bread-making quality of Canadian durum wheat. *J. Cereal Sci.*, 20(2), 139-151.
- Finney P. L., Brains G. S., 1999. Protein functionality differences in Eastern U.S. soft wheat cultivars and interrelation with end-use quality tests. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.*, 32, 406-415.

- Hayta M., Schofield J.D., 2004. Heat and additive induced biochemical transitions in gluten from good and poor breadmaking quality wheats. *J. Cereal Sci.*, 40, 245-256.
- Jakubczyk T., Haber T., 1983. Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Wydawnictwo SGGW-AR, 49-50.
- Janiak G., Laskowski J., 1996. Metodyka określania cech wytrzymałościowych ziarna dla potrzeb procesów przetwórczych. *Biul. Nauk. Przem. Pasz.*, 1, 45-58.
- Karolini-Skardzińska Z., Subda H., Korczak B., Kowalska M., Żmijewski M., Czubaszek A., 2001. Ocena technologiczna ziarna i mąki wybranych odmian pszenicy ozimej. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 2 (27), 69-77.
- Konopka I., Fornal Ł., Abramczyk D., Rothkaehl J., Rotkiewicz D., 2004. Statistical evaluation of different technological and rheological tests of Polish wheat varieties for bread volume prediction. *International Journal of Food Science and Technology*, 39(1), 11-20.
- Martinant J.P., Nicolas Y., Bouguennec A., Popineau Y., Saulnier L., Branlard G., 1998. Relationship between mixograph parameters and indices of wheat grain quality. *J. Cereal Sci.*, 27, 179-189.
- Morgan B.C., Dexter J.E., Preston K.R., 2000. Relationship of kernel size to flour water absorption for Canada Western red spring wheat. *Cereal Chem.*, 77(3), 286-292.
- Piesiewicz H., Sadkiewicz K., Ambroziak Z. 1998 Wodochłonność mąki – niedoceniony wskaźnik jakości mąki. *Prz. Piek. Cukier.*, 3, 5-8.
- PN-A-04018/A z 3: 2002. Produkty rolniczo-żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko (zmiana A z 3). Polski Komitet Normalizacyjny
- PN A-74043-1: 1994. Oznaczanie glutenu mokrego. Postanowienia ogólne i zakres normy. Polski Komitet Normalizacyjny
- PN A-74043-2: 1994. Oznaczanie glutenu mokrego. Pszenica. Polski Komitet Normalizacyjny
- PN – ISO 13690: 2000. Ziarno zbóż, roślin strączkowych i przetwory zbożowe. Pobieranie próbek z partii statycznych
- PN-ISO 7971-2:1998. Ziarno zbóż. Oznaczanie gęstości w stanie zsypanym zwanej „masą hektolitra”. Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN- ISO 5529: 1998. Pszenica. Oznaczanie wskaźnika sedymentacyjnego. Test Zeleny’ego. Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN-ISO 3093: 1996. Zboża. Oznaczanie liczby opadania. Polski Komitet Normalizacyjny.
- Sadkiewicz K., 1999. Trzeba zacząć określać wodochłonność mąki. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*, 9, 78-80.
- Van Der Borgh A., Goesaert H., Veraverbeke W.B., Delcour J.A., 2005. Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: overview of the main processes and the factors involved. *J. Cereal Sci.*, 41, 221-247.

INFLUENCE OF SELECTED PROPERTIES OF WHEAT
ON FLOUR WATER ABSORPTION

Renata Różyło, Janusz Laskowski

Department of Machine Operation in Food Industry, Agricultural University
ul. Doświadczalna 44, 20-236 Lublin
e-mail: renata.rozylo@ar.lublin.pl

Abstract. The objective of this study was to determine the wheat properties for predicting flour water absorption. Ten Polish spring wheat cultivars (Hezja, Kontesa, Torka, Zebra, Eta, Santa, Nawra, Jasna, Koksa, Kosma) were used in this study. The tests for raw material properties were bulk density, vitrousness, grain strength properties, protein content, wet gluten content, the Zeleny Sedimentation test and the falling number. The grains were milled in the CD1 Chopin laboratory mill (simulator of industrial grinding). Flour water absorption was determined by means of a consistograph. The results of the experimental tests showed significant positive correlations between flour water absorption and force at the rapture point, bulk density, wheat vitrousness, protein and gluten content, and falling number and the Zeleny Sedimentation test. The best equation expressing flour water absorption was as a function of wet gluten content and gluten elasticity. The results and their analysis showed usefulness of wheat properties for predicting flour water absorption, which is a very important problem in optimisation of the baking process.

Key words: wheat, flour, grain properties, flour water absorption